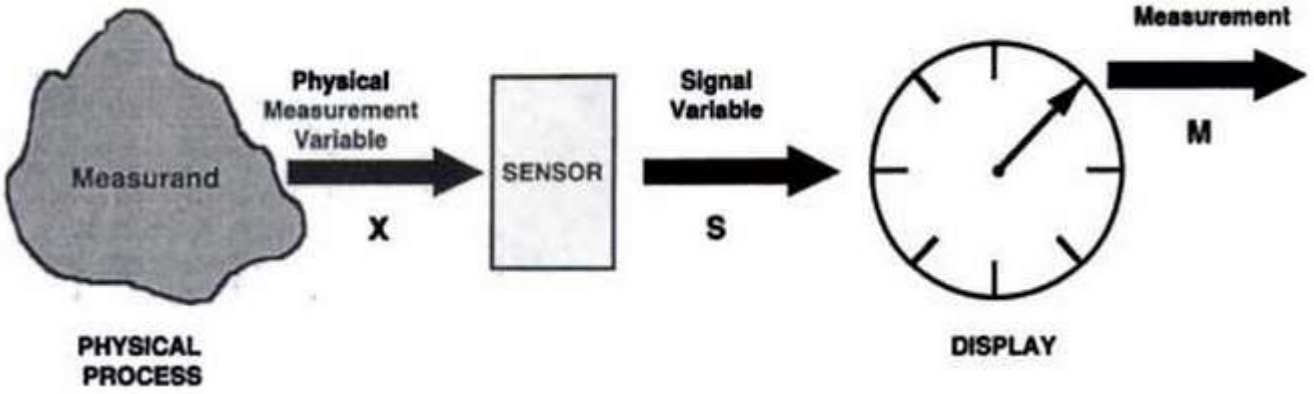
Principles of Mechatronic Systems
مبانی سیستم های مکاترونیکی (جلسه پانزدهم)

By: Reza Tikani
Mechanical Engineering Department
Isfahan University of Technology

دستگاه اندازه گیری

یک وسیله اندازه گیری (حسگر)، وسیله ای است که یک متغیر دلخواه فیزیکی (آنچه که اندازه گیری می شود) را به صورتی که برای ثبت و ضبط مناسب است (اندازه) تبدیل می کند.



Characteristics of Instrumentation, R. John Hansman, Jr.

دستگاه اندازه گیری

کاربرد حسگر در یک سیستم مکاترونیکی:

۱- اندازه گیری خروجی سیستم برای کنترل فیدبک

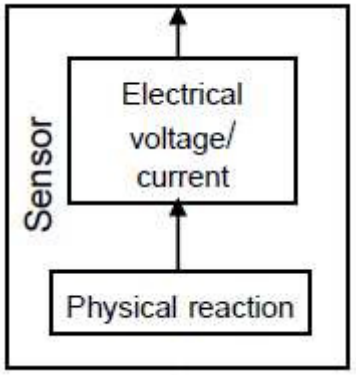
۲- اندازه گیری ورودی های ناشناخته و اغتشاش به سیستم جهت کنترل پیش خورد

۳- اندازه گیری متغیرها با هدف پایش وضعیت و عیب یابی

۴- اندازه گیری ورودی ها و خروجی ها به منظور مدلسازی تجربی سیستم

دستگاه اندازه گیری

یک حسگر دارای دو لایه عملکردی است:



۱- کمیت اندازه گیری از طریق یک پدیده فیزیکی حس می شود.

۲- سیگنال حس شده به فرمی که انتقال، ذخیره سازی و پردازش راحت باشد تبدیل می شود (تبدیل به سیگنال الکتریکی).

معمولاً هر دو نام حسگر (Sensor) و مبدل (Transducer) برای وسایل اندازه گیری به کار برده می شود.

متغیرهای فیزیکی و سیگنالی:

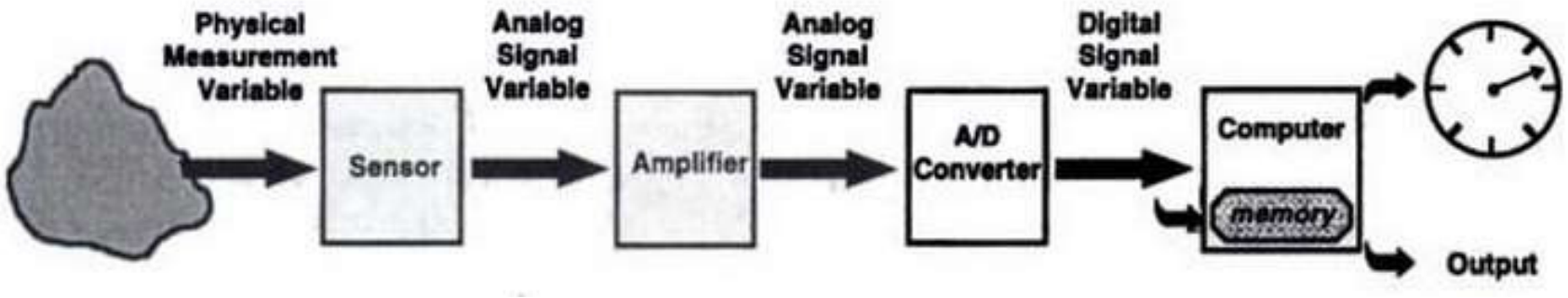
متغیرهای سیگنال می توانند در سیستم انتقال مکانیکی و الکتریکی استفاده و پردازش شوند.

Common physical variables	Typical signal variables
• Force	• Voltage
• Length	• Displacement
• Temperature	• Current
• Acceleration	• Force
• Velocity	• Pressure
• Pressure	• Light
• Frequency	• Frequency
• Capacity	
• Resistance	
• Time	
• …	

Characteristics of Instrumentation, R. John Hansman, Jr.

دستگاه اندازه گیری

یک وسیله اندازه گیری با آمپلی فایر، مبدل A/D و خروجی کامپیوتر:



Characteristics of Instrumentation, R. John Hansman, Jr.

دستگاه اندازه گیری

سنسورهای فعال و غیرفعال:

سنسورها معمولاً مبدلهایی هستند که فرم انرژی ورودی را به فرم دیگری از انرژی در خروجی تبدیل می کنند.

سنسور غیرفعال:

در طول فرایند اندازه گیری، انرژی ورودی را افزایش نمی دهند و حتی ممکن است باعث کاهش انرژی شوند.

مثال: ترموکوپل، گیج فشار

دستگاه اندازه گیری

سنسور فعال:

این سنسورها، انرژی را به محیط اندازه گیری به عنوان بخشی از فرایند اندازه گیری اضافه می کنند. این سنسورها برای کارکردن به منبع انرژی نیاز دارند.

مثال: رادار، سیستم سونار

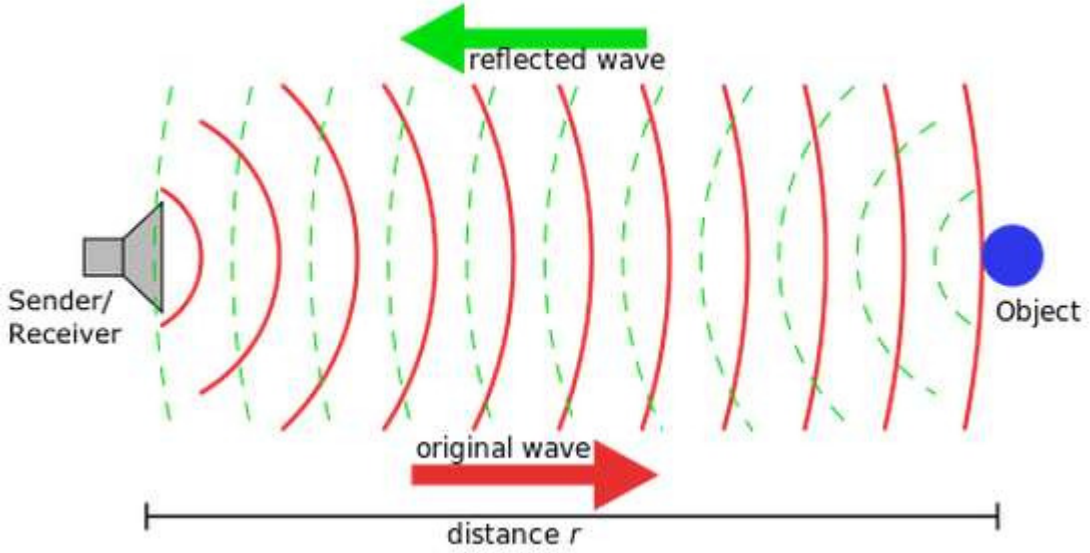
StarNews file photo

دستگاه اندازه گیری

سنسور فعال:

این سنسورها، انرژی را به محیط اندازه گیری به عنوان بخشی از فرایند اندازه گیری اضافه می کنند. این سنسورها برای کارکردن به منبع انرژی نیاز دارند.

مثال: رادار، سیستم سونار



wikipedia.org

سنسور پارک خودرو!!!

دستگاه اندازه گیری

کالیبراسیون:

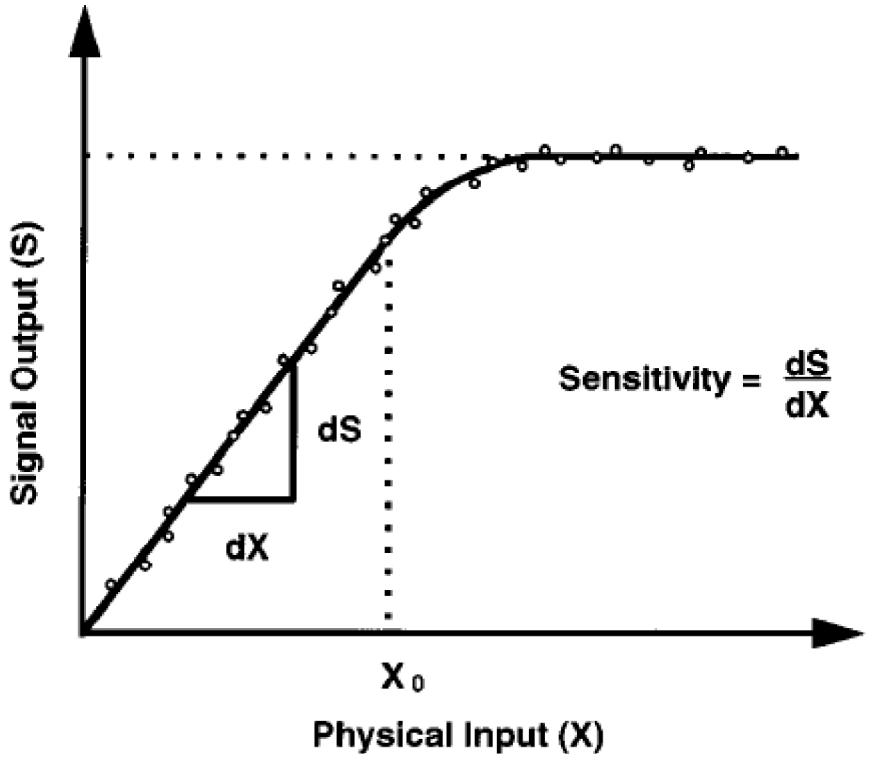
تعیین رابطه بین کمیت فیزیکی قابل اندازه گیری ورودی و متغیر سیگنال (خروجی) در یک سنسور خاص را گویند.

معمولاً یک سنسور به وسیله اعمال یک ورودی فیزیکی با اندازه مشخص و ثبت خروجی کالیبره می شود.

دستگاه اندازه گیری

منحنی کالیبراسیون:

- ✓ حساسیت سنسور
- ✓ حالت اشباع
- ✓ محدوده دینامیکی وسیله



Characteristics of Instrumentation, R. John Hansman, Jr.

دستگاه اندازه گیری

صحت یا درستی (**Accuracy**)، دقت (**Precision**) و خطا (**Error**):

دستگاه اندازه گیری

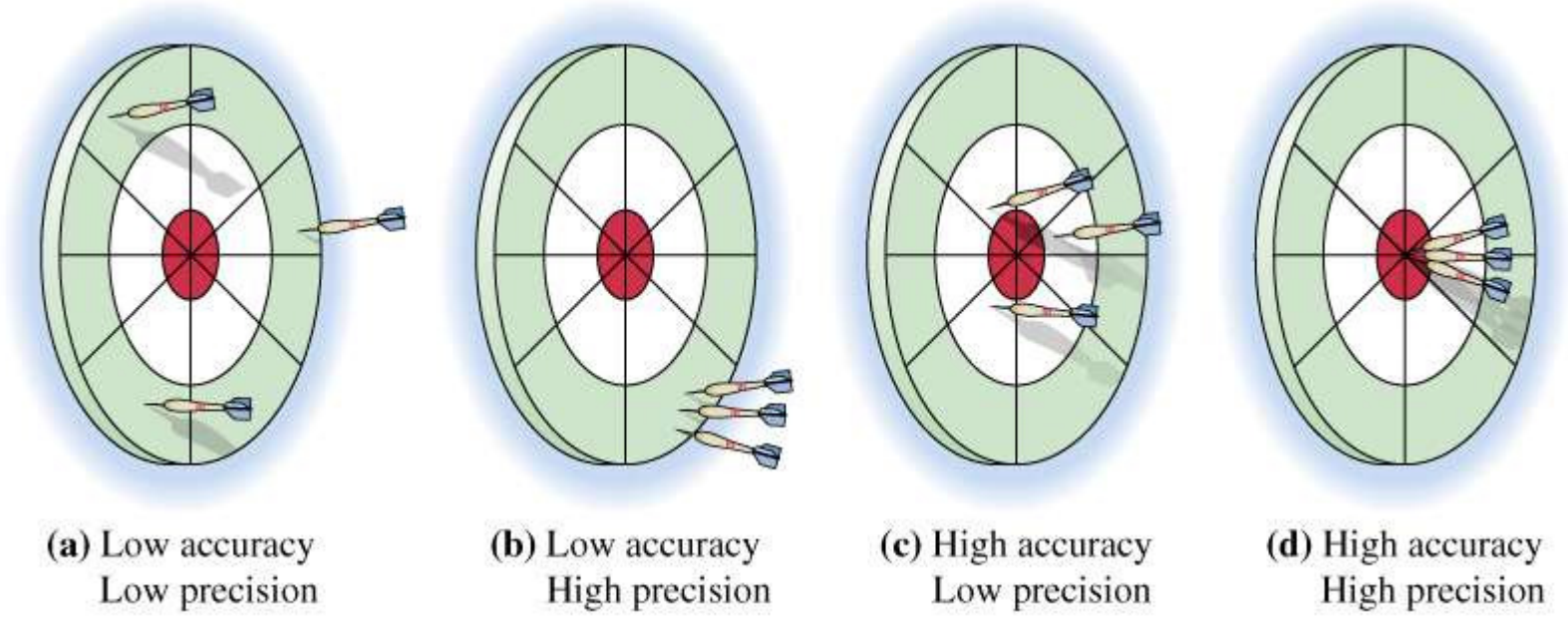
صحت یا درستی (**Accuracy**)، دقت (**Precision**) و خطا (**Error**):

صحت یک وسیله اندازه گیری به عنوان تفاوت بین مقدار صحیح اندازه و اندازه به دست آمده به وسیله ابزار اندازه گیری تعریف می شود.

اندازه گیری وزن به دلیل تنظیم نبودن ترازوی عقربه ای (به انحراف عدد قرائت شده و وزن واقعی افراد، بایاس، عدم صحت یا خطای سیستمی می گویند)

دستگاه اندازه گیری

صحت یا درستی (**Accuracy**)، دقت (**Precision**) و خطا (**Error**):



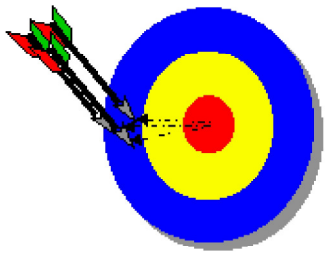
http://extensionengine.com/accuracy-precison/

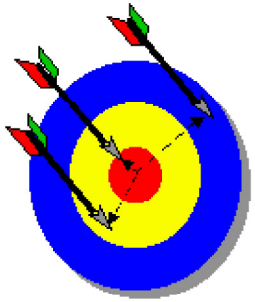
دستگاه اندازه گیری

صحت یا درستی (**Accuracy**)، دقت (**Precision**) و خطا (**Error**):

Two Types of Error

systematic error	random error
❖ poor accuracy	❖ poor precision
❖ definite causes	❖ nonspecific causes
❖ reproducible	❖ not reproducible

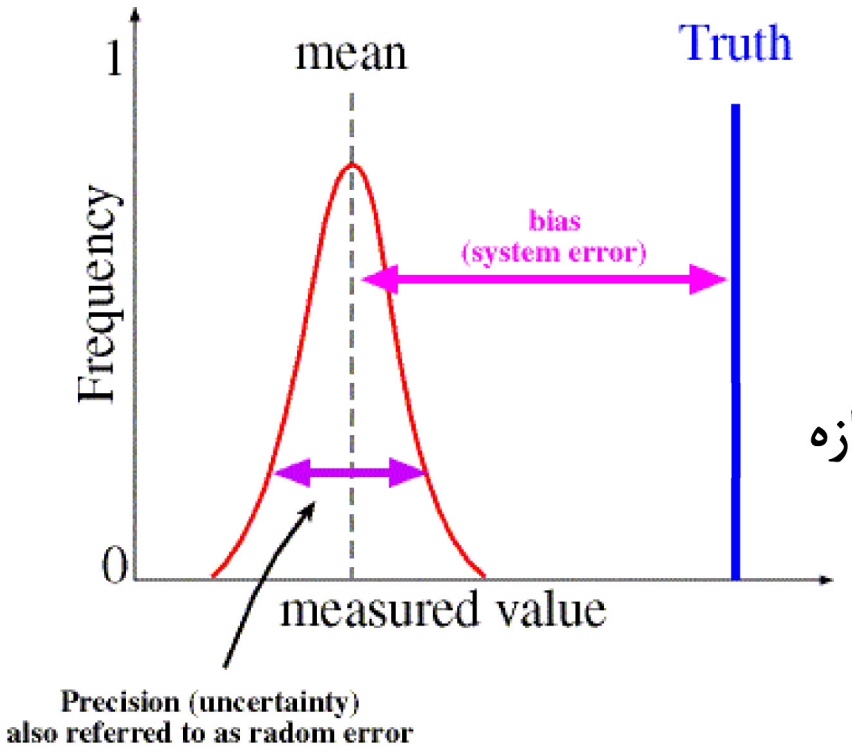




http://atropos.as.arizona.edu/aiz/teaching/a250/meas_review.html

خطا
- خطای سیستمی
- خطای تصادفی

دستگاه اندازه گیری



خطای سیستمی:

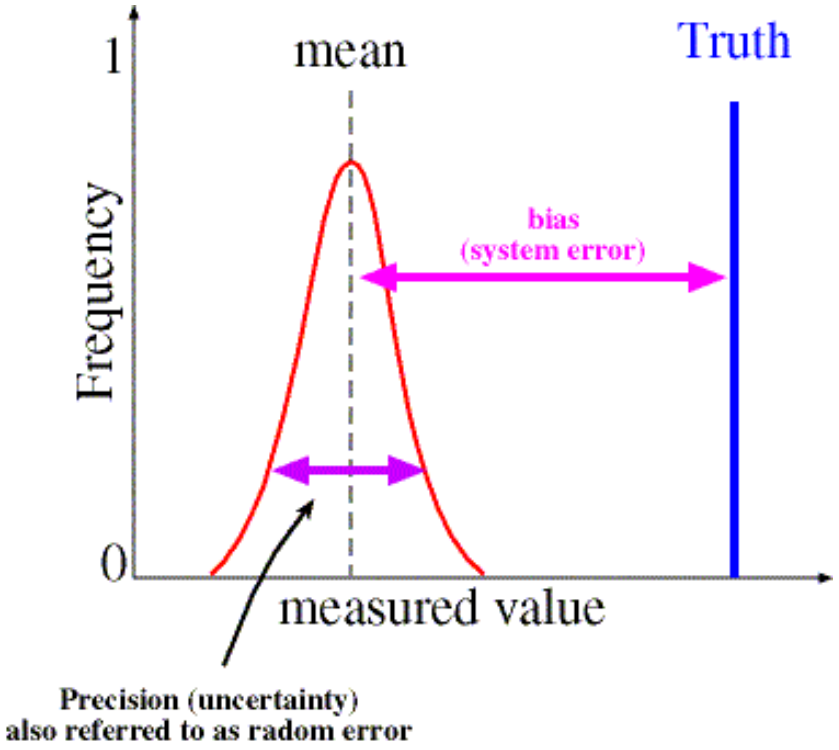
- ✓ برخی از اوقات وجود دارد.
- ✓ تکرارپذیر است.
- ✓ جبران پذیر است (دلایل مشخص).
- ✓ عامل ایجاد آن کالیبره نبودن تجهیز اندازه گیری، خطای انسانی و ... است.
- ✓ به صورت آماری قابل تحلیل نمی باشد.

http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/remote/lecture_notes/measurements/bias_random_errors.html

دستگاه اندازه گیری

خطای تصادفی:

- ✓ همیشه وجود دارد.
- ✓ تکرارپذیر نیست.
- ✓ جبران پذیر نیست (دلایل نامشخص).

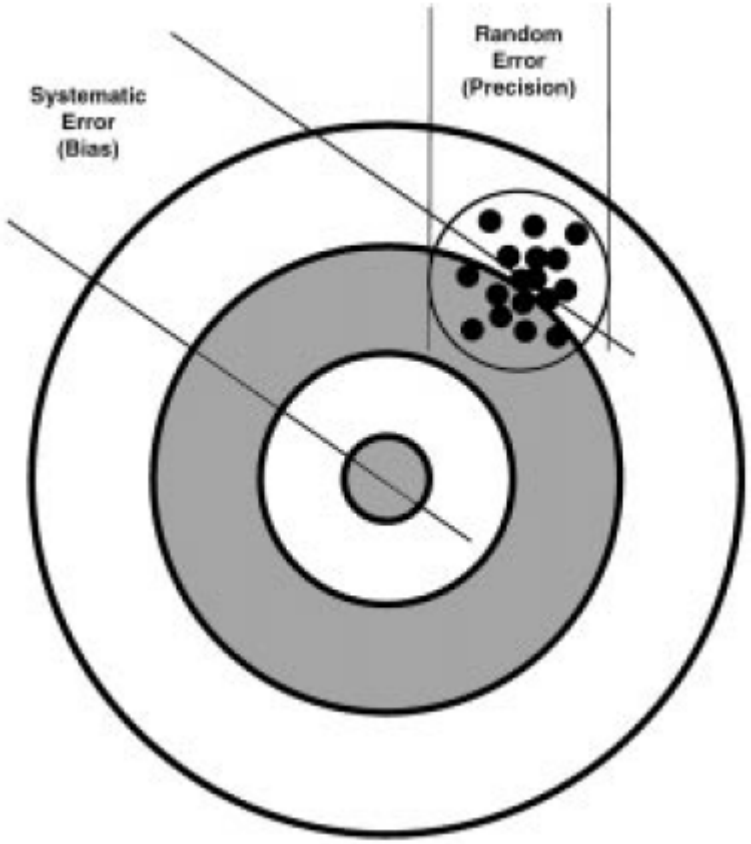


در هربار اندازه گیری با کولیس کوچکترین مرتبه مرتب تغییر می کند (خطای تصادفی).

http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/remote/lecture_notes/measurements/bias_random_errors.html

دستگاه اندازه گیری

خطای کل در هر اندازه گیری نتیجه هر دو خطای سیستمی و تصادفی است.



Characteristics of Instrumentation, R. John Hansman, Jr.

دستگاه اندازه گیری

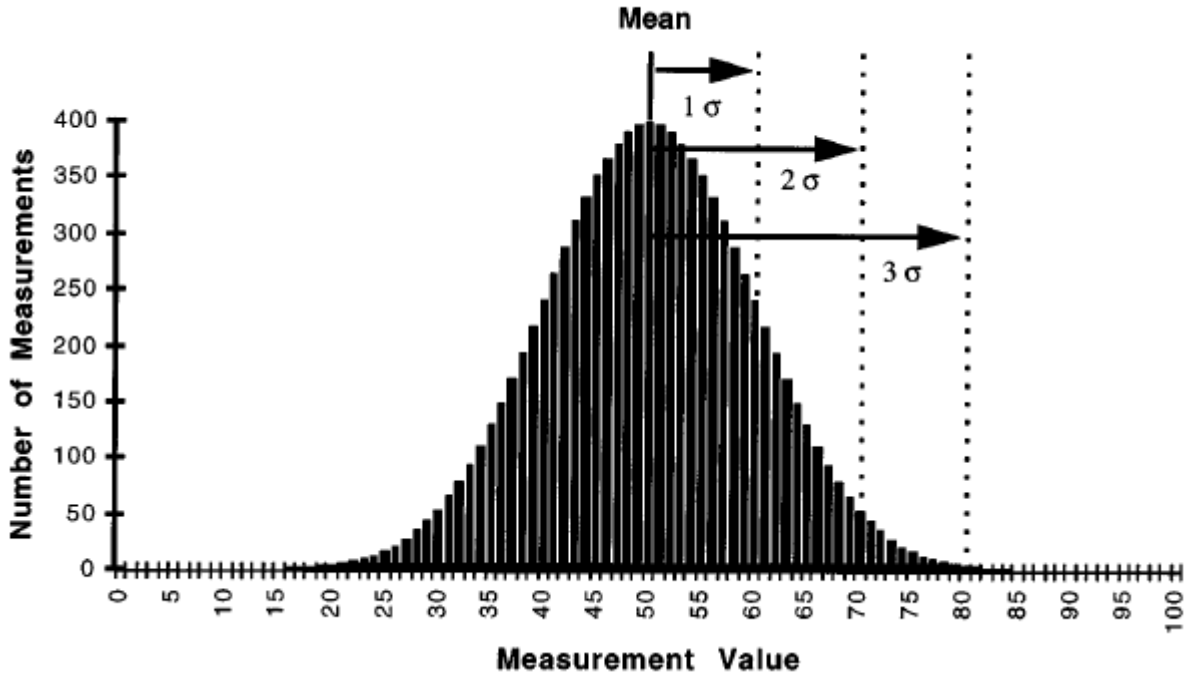
در صورت اندازه گیری به تعداد بینهایت، برای یک کمیت فیزیکی مشخص، ممکن است اندازه های بسیار پرت تا اندازه های بسیار نزدیک به مقدار واقعی به دست آید. ولی تعداد داده های پرت در مقایسه با داده های نزدیک به مقدار واقعی بسیار کم است (احتمال ظهور آنها در بین داده ها بسیار پایین است).

مثال: دقت اندازه گیری یک کولیس 0.01 mm با احتمال 99% است. یعنی در هر صدبار اندازه گیری یک طول مشخص، پراکندگی ۹۹ داده حداکثر 0.01 mm است.

دستگاه اندازه گیری

توزیع نرمال (توزیع گوسی):

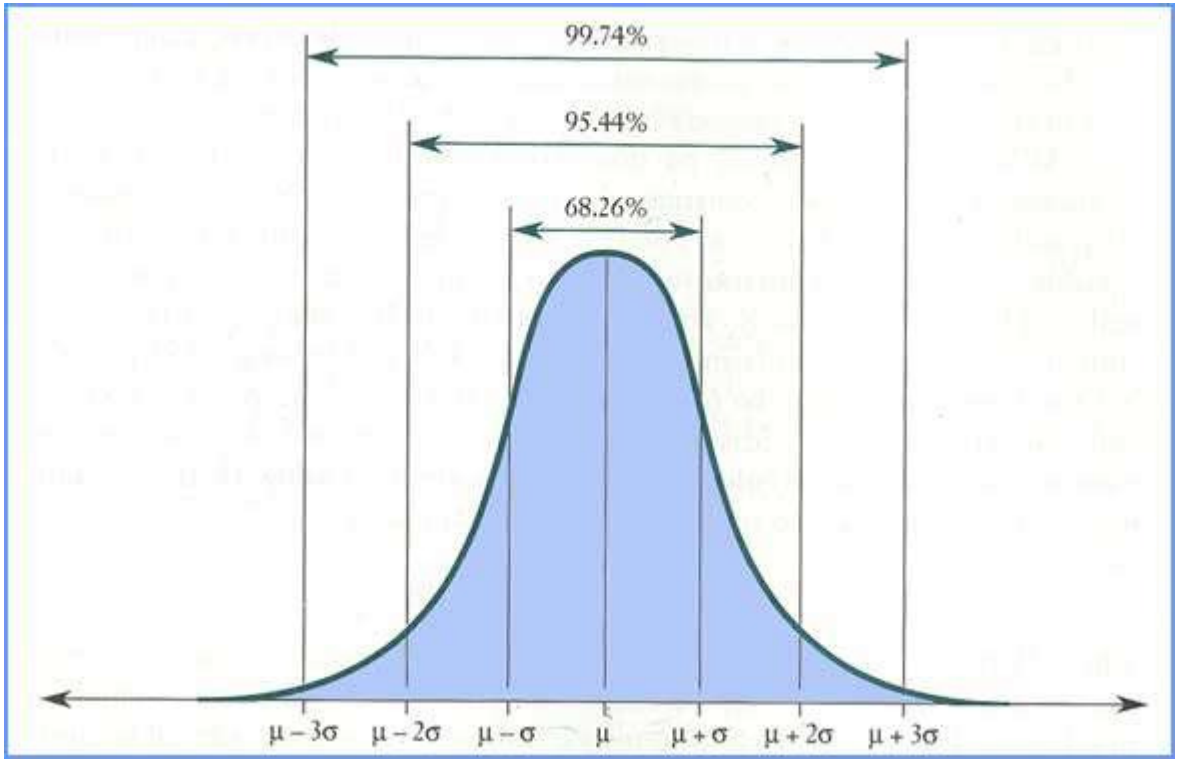
این توریع در غیاب بایاس دارای میانگینی برابر مقدار حقیقی اندازه است.



Characteristics of Instrumentation, R. John Hansman, Jr.

دستگاه اندازه گیری

استفاده از روشهای آماری



$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \mu)^2}$$

http://curvebank.calstatela.edu

مثال:

A shaft supplier claims that the true mean diameter of their stainless steel shafts is 31.01 mm. An engineer measures the diameter of these stainless steel shafts selected at random from a large incoming batch supplied by the above supplier and the following readings were obtained.

Diameter [mm]

31.2	31.3	31.0	31.2	31.5	30.9	31.2	31.4	31.1	31.1
31.4	30.9	31.5	31.2	31.6	31.1	30.8	30.7	30.9	

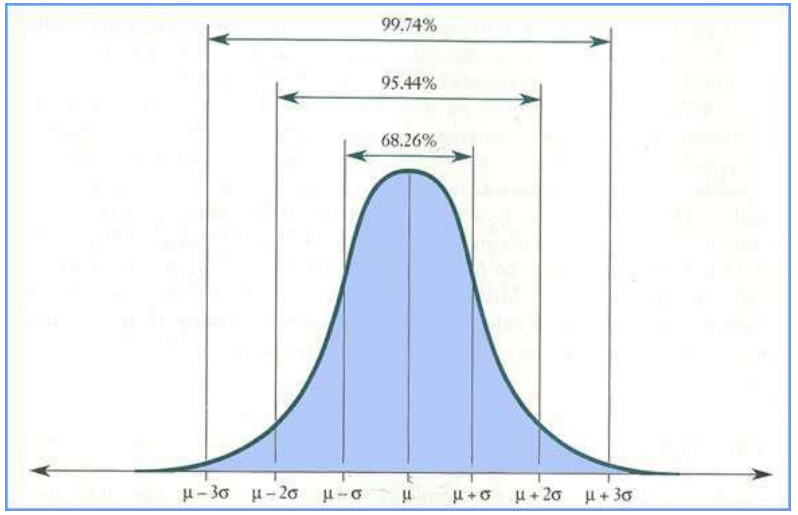
Determine the range of values in which you would expect 95 % of all measured values to lie.

دستگاه اندازه گیری

مثال:

Diameter [mm]

31.2	31.3	31.0	31.2	31.5	30.9	31.2	31.4	31.1	31.1
31.4	30.9	31.5	31.2	31.6	31.1	30.8	30.7	30.9	



میانگین داده ها(μ) ⟵ 31.1579

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \mu)^2}$$

انحراف معیار (σ) ⟵ 0.2524

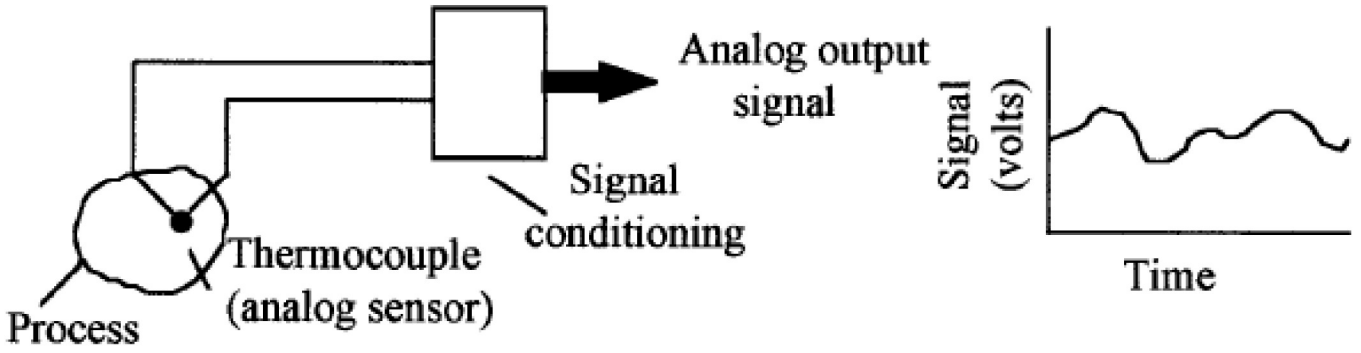
30.6532 < D < 31.6627

دستگاه اندازه گیری

سنسورهای آنالوگ و دیجیتال:

سنسورهای آنالوگ سیگنالی ایجاد می کنند که هم اندازه و هم محتوای زمانی آن پیوسته است.

جریان، دما، جابجایی، شتاب، سرعت، فشار، شدت نور، کرنش از جمله متغیرهای فیزیکی پیوسته هستند که براحتی توسط سیگنال آنالوگ نمایش داده می شوند.



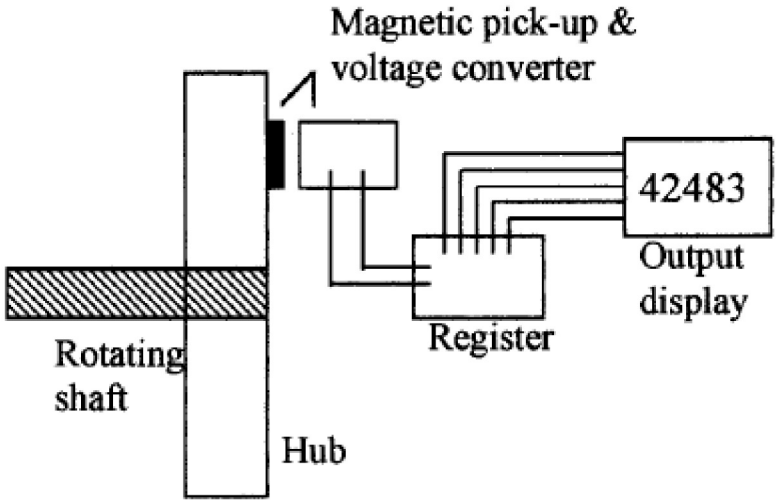
Characteristics of Instrumentation, R. John Hansman, Jr.

دستگاه اندازه گیری

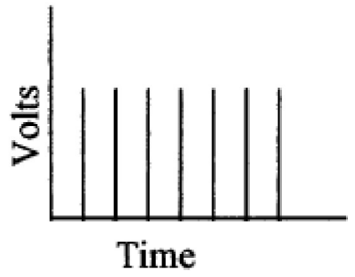
سنسورهای آنالوگ و دیجیتال:

سنسورهای دیجیتال سیگنالی ایجاد می کنند که فقط در مقادیر گسسته ای از زمان وجود دارد.

سنسورهای دیجیتال از سیستم اعداد باینری برای بیان و انتقال اطلاعات استفاده می کنند.



شمارنده دور:



Characteristics of Instrumentation, R. John Hansman, Jr.

دستگاه اندازه گیری

ابزارهای قرائت آنالوگ و دیجیتال:

ابزار قرائت آنالوگ (analog readout instrument) نمایش خروجی ای را فراهم می کند که پیوسته بوده و مستقیماً معادل رفتار کمیت مورد اندازه گیری است.

انحراف یک عقربه، بالا و پایین رفتن جوهر در یک مقیاس مدرج و ...

- رزولوشن یک ابزار قرائت آنالوگ کمترین افزایش قابل لمس در نمایش خروجی است.
- ظرفیت قرائت آنالوگ به صورت تفاضل بیشترین و کمترین مقادیری که می تواند نشان داده شود تعریف می شود.
- بازه قرائت، کمترین و بیشترین مقادیری که می توان نمایش داد را مشخص می کند.

ابزارهای قرائت آنالوگ و دیجیتال:

ابزار قرائت دیجیتال (Digital readout instrument) خروجی گسسته نشان می دهد.

قرائت دیجیتال معمولاً به صورت نمایش یک عدد است.

- رزولوشن یک ابزار قرائت دیجیتال برابر است با کمترین تغییر در کوچکترین رقم معنادار

دستگاه اندازه گیری

برخی از عوامل موثر استاتیکی و دینامیکی در انتخاب یک سنسور:

بازه (Range): تفاوت بین کمترین و بیشترین مقدار قابل اندازه گیری توسط سنسور

رزولوشن(Resolution): کوچکترین تغییری که سنسور می تواند اندازه گیری کند.

صحت (Accuracy): تفاوت بین مقدار اندازه گیری شده و مقدار واقعی

دقت (Precision): توانایی در تکرار یک اندازه گیری با دقت مشخص شده

حساسیت (Sensitivity): نسبت تغییر در خروجی به یک واحد تغییر در ورودی (شیب)

دستگاه اندازه گیری

برخی از عوامل موثر استاتیکی و دینامیکی در انتخاب یک سنسور:

انحراف از صفر (Zero Offset): مقدار خروجی سنسور به ازای ورودی صفر

میزان خطی بودن: درصد انحراف از خط best fit linear curve

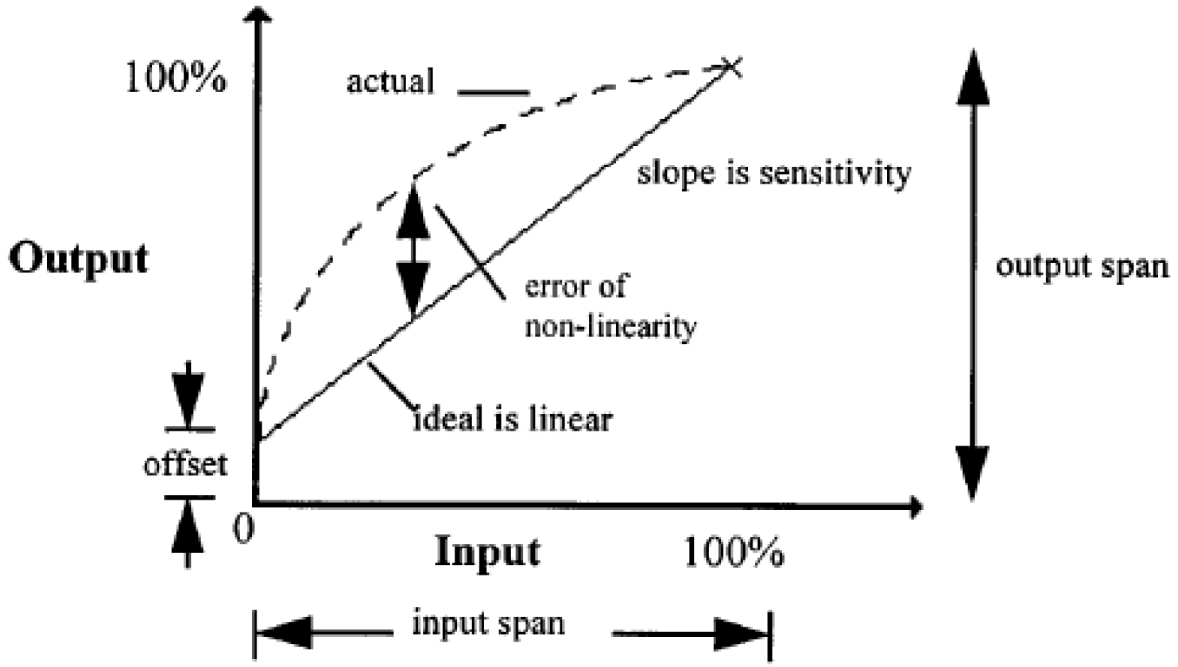
زمان پاسخ: تاخیر زمانی بین ورودی و خروجی

رزونانس: فرکانسی که در آن ماکزیمم اندازه خروجی ظاهر می شود.

دمای کاری: محدوده دمایی که در آن عملکرد سنسور مطابق مشخصات آن است.

دستگاه اندازه گیری

نمودار محدوده خروجی و ورودی یک وسیله اندازه گیری:



Characteristics of Instrumentation, R. John Hansman, Jr.